



DEUTSCHES  
PATENTAMT

②1 Aktenzeichen: 197 21 406.1  
②2 Anmeldetag: 22. 5. 97  
④3 Offenlegungstag: 4. 12. 97

DE 197 21 406 A 1

③0 Unionspriorität:  
133577/96 28.05.96 JP

⑦1 Anmelder:  
Nippon Piston Ring Co., Ltd., Tokio/Tokyo, JP

⑦4 Vertreter:  
Patentanwälte Wasmeier, Graf, 93055 Regensburg

⑦2 Erfinder:  
Kawamura, Osamu, Tochigi, JP; Takahashi, Teruo,  
Tochigi, JP; Kakiuchi, Arata, Tochigi, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Ventilsitz

⑤7 Die Erfindung bezieht sich auf einen einfügbaren Ventilsitz mit hoher Abriebfestigkeit bzw. hoher Verschleißfestigkeit und der das Auftreten von Rissen beim Fügen sowie während des Betriebes vermeidet. Dieser Ventilsitz besitzt einen Überzug bzw. eine Beschichtung mit einer Dicke von 10 µm oder kleiner, wobei die Beschichtung einen Wärmeausdehnungskoeffizienten besitzt, der zwischen dem Wert des Materials des Ventilsitzes und dem Material des Zylinderkopfes liegt, und wobei die Beschichtung zumindest an den Oberflächenseiten des Ventilsitzes vorgesehen ist, die mit dem aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung hergestellten Zylinderkopf in Berührung kommen, in den der Ventilsitz unter Verwendung des Widerstandsschweißens eingesetzt wird. Besteht der Ventilsitz aus einer gesinterten Legierung oder einem Sintermaterial auf Fe-Basis, ist die den Überzug bildende Schicht oder Beschichtung vorzugsweise eine reine Metallschicht oder aber eine Schicht aus einer Legierung, die einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten zwischen  $15 \times 10^{-6}$  -  $25 \times 10^{-6}$  (1/K) aufweist. Besteht der Ventilsitz aus einer Legierung auf Cu-Basis, so besitzt die Beschichtung vorzugsweise einen Wärmeausdehnungskoeffizienten im Bereich zwischen  $18 \times 10^{-6}$  bis  $27 \times 10^{-6}$  (1/K).

DE 197 21 406 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 10. 97 702 049/611

12/23

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf einen Ventilsitz zur Verwendung bei einer Verbrennungsmaschine oder einem Verbrennungsmotor, und dabei speziell auch auf einen Ventilsitz, der mit dem Zylinderkopf einer Verbrennungsmaschine verbunden oder verbindbar ist.

In der bisher üblichen Technik werden beispielsweise Ventilsitze durch Pastsitz in einem Zylinderkopf eines Verbrennungsmotors vorgesehen und dienen zum Abdichten des Verbrennungsgases sowie gleichzeitig auch zur Kühlung des jeweiligen Ventiles. In jüngster Zeit wurden aber auch in Hinblick auf höhere Leistungen und Geschwindigkeiten sowie im Hinblick auf die Gewichtsreduzierung bei Fahrzeugen Vielfach-Ventil-Strukturen bei Motoren entwickelt, so daß jeder Zylinder dann eine Vielzahl von Ansaug- und Abgasöffnungen aufweisen, die räumlich dicht beieinander angeordnet sind.

In neuerer Zeit wurden auch Ventilsätze vorgeschlagen, die in dem Zylinderkopf eingefügt und mit diesem fest verbunden werden, um die Abstände zwischen den Ventilen zu verkleinern, um ein hohes Maß an Freiheit in der Konstruktion sicherzustellen, wie beispielsweise die Vergrößerung der Durchmesser der Ansaug- und Auslaßöffnungen, um die Wärmeabfuhr von dem jeweiligen Ventil und dessen Ventilsitz zu verbessern und somit die thermische Belastungen zu reduzieren usw.

Im Stand der Technik sind auch Sintermaterialien oder Sinterlegierung für die Verwendung von Ventilsätzen bekannt, beispielsweise aus "Japanese Patent Laid-open Gazette No. 25 959/1984", auf deren gesamter Inhalt hier ausdrücklich Bezug genommen wird. Diese Literaturstelle beschreibt gesinterte Legierungen für die Verwendung bei Ventilsitzen. Die gesinterten Legierungen enthalten einen großen Anteil an C, Ni, Cr, Mo, Co, sowie außerdem auch harte Partikel oder Bestandteile, die in der Matrixstruktur verteilt sind. Diese harten Partikel bestehen aus C-Cr-W-Co-Fe-Pulver oder aus Fe-Mo-Pulver. Es wurde auch diese gesinterten Legierungen mit in die Poren eingebrachtem Kupfer oder einer in die Poren eingebrachten Kupferlegierung für Ventilsitze verwendet, die dann hervorragende Eigenschaften bezüglich Festigkeit, Belastbarkeit und Abrieb- bzw. Verschleißfestigkeit aufweisen.

Würde ein einfügbarer bzw. verbindbarer Ventilsitz aus solchen herkömmlicherweise für die Herstellung von Ventilsitzen verwendeten Sintermaterialien oder Sinter-Legierungen hergestellt, so können Risse im Ventilsitz beim Verbinden oder aber während des Betriebs des Motors auftreten. Derartige Risse verschlechtern die Dichtungseigenschaften des Ventilsitzes. Dies verhindert auch eine preiswerte Massenproduktion. Das Auftreten von Rissen im Vergleich zu durch Preßsitz gehaltenen Ventilsitzen ist u. a. durch die relativ kleine Form der verbindbaren Ventilsitze bedingt, sowie auch dadurch, daß die Festigkeitsgrenzen unter der Belastung beim Verbinden durch Widerstandsschweißen sowie auch beim Betrieb des Motors überschritten werden.

Um diese Probleme zu lösen, wird beispielsweise in der Literaturstelle "Japanese Patent Laid-open Gazette Nr. 189 628/1995", auf die bzw. der Inhalt hier Bezug genommen wird, ein Ventilsitz vorgeschlagen, der aus einer Legierung auf Cu-Basis oder aus einer Legierung auf Basis eines austenischen Eisens oder Stahles hergestellt ist, wobei der Ventilsitz in dem Zylinderkopf durch Widerstandsschweißen befestigt ist. Obwohl bei diesem Ventilsitz möglicherweise keine Risse beim Fügeprozeß oder aber während des Betriebs des Motors auftreten, werden für ihn eine sehr teure Legierung bzw. sehr teure Legierungs-Bestandteile benötigt, was einen erheblichen wirtschaftlichen Nachteil bedingt. Außerdem ist die Festigkeit, Widerstandsfähigkeit, Belastbarkeit und die Abrieb- und Verschleißfestigkeit nicht zufriedenstellend.

Aufgabe der Erfindung ist es, die oben genannten Nachteile zu vermeiden und einen verbesserten Ventilsitz aufzuzeigen, der hinsichtlich Festigkeit, Belastbarkeit und Abrieb- und Verschleißfestigkeit optimal ist, insbesondere auch derart, daß das Auftreten von Rissen beim Füge- oder Verbindungsprozeß sowie beim Betrieb des Motors vermieden ist. Dementsprechend wird mit der Erfindung ein Ventilsitz zum Befestigen in einem aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung hergestellten Zylinderkopf einer Verbrennungsmaschine bzw. eines Verbrennungsmotors mit Hilfe von Widerstandsschweißen vorgeschlagen, wobei der Ventilsitz aus einer gesinterten Legierung auf Fe-Basis hergestellt ist und eine Beschichtung oder einen Überzug aus einem reinen Metall oder einer Metall-Legierung an wenigstens denjenigen Flächen aufweist, die mit dem Zylinderkopf in Kontakt stehen, wobei die Beschichtung aus dem reinen Metall oder der Legierung eine Dicke von 10 µm oder kleiner sowie einen Wärmeausdehnungskoeffizienten von  $15 \times 10^{-6}$  bis  $25 \times 10^{-6}$  (1/K) besitzt.

Der Ventilsitz kann dann auch aus einer Cu-infiltrierte gesinterten Legierung auf Fe-Basis oder aus einer gesinterten Legierung aus Fe-Basis hergestellt sein, bei der die Poren mit Kupfer oder einer Kupferlegierung abgedichtet sind. Weiterhin kann der Ventilsitz aus einem gegossenem Eisen oder Stahl oder aus einem Guß- oder Blockmaterial oder einem kontinuierlich gegossenen oder gezogenen Material aus einer Ni-Basis-Legierung hergestellt sein.

Die Erfindung sieht weiterhin einen Ventilsitz Verbinden mit dem aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung hergestellten Zylinderkopf eines Verbrennungsmotors mit Hilfe des Widerstandsschweißens vor, wobei der Ventilsitz dadurch gekennzeichnet ist, daß er aus einer Cu-Basis-Legierung hergestellt ist und einer Beschichtung aus Metall oder einer Legierung zumindest an denjenigen Flächen aufweist, die mit dem Zylinderkopf oder dessen Material in Kontakt stehen, wobei die Beschichtung aus dem reinen Metall oder der Legierung eine Dicke von 10 µm oder kleiner sowie einen Wärmeausdehnungskoeffizienten von  $18 \times 10^{-6}$  bis  $27 \times 10^{-6}$  (1/K) aufweist.

Weiterhin sieht die Erfindung einen Ventilsitz zum Verbinden mit dem aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung hergestellten Zylinderkopf eines Verbrennungsmotors mit Hilfe des Widerstandsschweißens vor, wobei der Ventilsitz dadurch gekennzeichnet ist, daß er aus keramischen Material gefertigt ist und eine Beschichtung aus reinem Metall oder einer Legierung zumindest an denjenigen Flächen aufweist, die mit dem Zylinderkopf oder dessen Material in Berührung stehen, wobei die Metallschicht oder die Schicht aus der Legierung eine Dicke von 10 µm oder kleiner sowie einen Wärmeausdehnungskoeffizienten von  $10 \times 10^{-6}$  bis

$20 \times 10^{-6} (1/K)$  aufweist.

Der Erfindung liegt dabei die Erkenntnis zugrunde, daß die Risse, die beim Widerstandsschweißen sowie beim Betrieb des Motors auftreten könnten, von der unterschiedlichen Wärmeausdehnung zwischen dem Ventilsitz und dem Zylinderkopf beim Erhitzen und Abkühlen des Motors oder während des Fügeprozesses beim Widerstandsschweißen herrühren, und wegen des unterschiedlichen thermischen Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen dem Material des Zylinderkopfes und dem Material des Ventilsitzes. Dementsprechend wird eine Beschichtung an den Flächen des Ventilsitzes, die mit dem Zylinderkopf oder des Material in Berührung stehen, vorgesehen, um Risse oder Rißbildungen im Ventilsitz zu vermeiden. Der Wärmeausdehnungskoeffizient dieser Beschichtung liegt (z. B. etwa in der Mitte) zwischen dem thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Ventilsitzes bzw. des Materials des Ventilsitzes und dem Zylinderkopf bzw. dem Material des Zylinderkopfes. Es stellt sich hierbei als neuartige Erkenntnis heraus, daß dann, wenn der Ventilsitz mit einer solchen Beschichtung an den mit dem Zylinderkopf in Kontakt kommenden Flächen versehen ist, beim Einfügen in den aus der Aluminiumlegierung bestehenden Zylinderkopf durch Widerstandsschweißen Arten von intermetallischen Verbindungen mit der Aluminiumlegierung gebildet werden, und zwar an den Anschlußflächen, durch die die Verbindungsfestigkeit verbessert und der Unterschied in der thermischen Expansion zwischen dem Zylinderkopf und den Ventilsitz reduziert wird und damit das Auftreten von Rissen verhindert ist.

Die Erfindung basiert auf diesen vorstehend erwähnten Erkenntnissen. Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren an Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Ansicht, die die Verbindungssituation beim Anbringen eines Ventilsitzes in dem Zylinderkopf durch Widerstandsschweißen wiedergibt;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Prüfanlage;

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Temperaturmeßposition eines Musters in der Prüfanlage.

Die Erfindung und vorteilhafte Details der Erfindung werden nachstehend näher unter Bezugnahme auf beispielhafte Ausführungsformen beschrieben.

Der als einfügbarer Ventilsitz ausgebildete Ventilsitz der vorliegenden Erfindung ist durch Bearbeitung oder Formen eines Materials in einer bestimmten oder vorgegebenen Form hergestellt und in einem Zylinderkopf aus einer Aluminiumlegierung durch Widerstandsschweißen befestigt. Obwohl das Widerstandsschweißen eine bevorzugte Methode zum Verbinden darstellt, können auch andere Methoden, wie beispielsweise Reibenschweißung oder Elektronenstrahlschweißen usw. verwendet werden.

Der Ventilsitz der Erfindung besitzt eine einen Überzug bildende Schicht mit einer Dicke von etwa  $10 \mu\text{m}$  oder kleiner, die wenigstens an demjenigen Oberflächen des Ventilsitzes vorgesehen ist, die mit dem Zylinderkopf in Berührung stehen. Es versteht sich, daß eine solche Beschichtung auch auf andere Oberflächen, die nicht mit dem Zylinderkopf in Berührung stehen, aufgebracht werden kann.

Wenn der Ventilsitz, der mit der Beschichtung versehen ist, in den Zylinderkopf aus Aluminium eingesetzt und dort verbunden wird, und zwar durch Widerstandsschweißen, werden verschiedene zwischenmetallische Verbindungen bzw. Legierungen kombiniert mit der Aluminiumlegierung gebildet, und zwar an den anschließenden und miteinander verbundenen Oberflächen. Dies führt zu einer Verbesserung der Verbindungswirkung und reduziert die thermische Ausdehnung bzw. Belastung zwischen dem Zylinderkopf und dem Ventilsitz, wodurch das Auftreten von Rissen vermieden wird.

Wenn die Dicke der erwählten Beschichtung  $10 \mu\text{m}$  übersteigt, begibt sich zusätzlich zu der Schicht aus der intermetallischen Verbindung bzw. Legierung eine weitere Schicht aus dem Beschichtungsmaterial an den miteinander verbundenen oder aneinander anschließenden Abschnitten, was zu ungleichen Strukturen an den Verbindungsbereichen führt. Aufgrund des Vorhandenseins einer solchen Schicht nur aus Beschichtungsmaterial bildet sich durch den Anpreß- bzw. Einpreßdruck beim Widerstandsschweißen eine plastische Flußschicht. Diese führt zu einer Reduzierung der Festigkeit, so daß dem entsprechend auch Risse leicht bei der Herstellung der Verbindung durch Schweißen oder aber während des Betriebes des Motors auftreten können. Aus diesem Grund beträgt die oberste Grenze der Dicke der Beschichtung  $10 \mu\text{m}$ . Die Beschichtung, die an den Oberflächen des Ventilsitzes erzeugt wird, ist eine reine Metallschicht oder eine Schicht aus einer Legierung, die (Metallschicht oder Legierung) einen thermischen Wärme-Ausdehnungskoeffizienten aufweist, welcher dem Material des Ventilsitzes entspricht. Eine solche reine Metallschicht ist beispielsweise Cu, Ni oder Ag. Eine solche Legierungsschicht ist vorzugsweise eine solche auf einer Cu-Ni-, Ag-Basis. Die Beschichtung ist vorzugsweise durch Platieren, durch Überziehen, durch Vakuum-Aufdampfen oder durch andere Techniken hergestellt.

Besteht der Ventilsitz beispielsweise aus einem Sinter-Material oder einer Sinter-Legierung auf Fe-Basis, so ist die Beschichtung vorzugsweise eine reine Metallschicht oder eine Schicht aus einer Legierung, die einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von  $15 \times 10^{-6}$  bis  $25 \times 10^{-6} (1/K)$  aufweist.

Liegt der thermische Ausdehnungskoeffizient der Beschichtung unter  $15 \times 10^{-6} (1/K)$ , so ist der Unterschied im thermischen Ausdehnungskoeffizienten zwischen der Beschichtung und dem Zylinderkopf groß. Übersteigt der thermische Ausdehnungskoeffizient der Beschichtung  $25 \times 10^{-6} (1/K)$ , so ist der Unterschied im Wärmeausdehnungskoeffizient zwischen der Beschichtung und dem Ventilsitz groß. In beiden Fällen können Risse beim Widerstandsschweißen oder aber beim Betrieb des Motors auftreten. Aus diesem Grunde gilt, daß dann, wenn der Ventilsitz aus einem Sinter-Material auf Fe-Basis hergestellt ist, der thermische Ausdehnungskoeffizient der Beschichtung im Bereich zwischen  $15 \times 10^{-6}$  und  $25 \times 10^{-6} (1/K)$  liegen muß.

Das Material des Ventilsitzes kann anstelle einer gesinterten Legierung auf Fe-Basis auch aus einer mit Cu durchsetzten oder Cu enthaltenden gesinterten Legierung auf Fe-Basis oder aus einer gesinterten Legierung auf Fe-Basis bestehen, bei der die Poren mit Kupfer abgedichtet sind, oder aus gegossenen Eisen oder Stahl oder aus einem Roh- oder Gußmaterial auf Ni-Basis. In diesen Fällen wird bevorzugt eine Beschichtung verwendet, bei der der thermische Ausdehnungskoeffizient in dem gleichen Bereich liegt.

Jedes gesinterte Material auf Fe-Basis, welches geeignet für den Ventilsitz ist, und zwar auch die bekannten,

üblicherweise für Ventilsitze verwendeten Sinter-Materialien auf Fe-Basis, können bevorzugt verwendet werden. Speziell gilt, daß ein Sinter-Material auf Fe-Basis bevorzugt ist, welches C, Ni, Cr und Co enthält sowie harte Partikel bestehend aus C-Cr-W-Co-Fe-Partikeln, die in der Matrixstruktur verteilt sind. Das Sintermaterial auf Fe-Basis ist bevorzugt ein solches, welches C, Ni, Cr, Mo und Co enthält, sowie harte Partikel, die von C-Cr-W-Co-Fe-Partikeln und Fe-Mo Partikeln gebildet und in der Matrixstruktur verteilt sind. Weiterhin ist ein Sinter-Material oder eine Sinter-Legierung aus Fe-Basis bevorzugt, die Gruppe der Hochgeschwindigkeitsstähle, der Gruppe der rostfreien Stähle oder der Gruppe von Niederlegierten angehört, die 0,5–8% von wenigstens Ni und/oder Mo enthalten.

Eine Sinterlegierung oder ein Sintermaterial, welches mit Cu versetzt ist, kann beispielsweise durch die nachfolgend angegebenen Verfahren erhalten werden, nämlich:

Ein als Ausgangsmaterial verwendetes Pulver wird in einer Metallform eingebracht und dann unter Druck in einer Formpresse zu einem Rohling geformt. Danach wird der Rohling aus dem Pulver gesintert und der gesinterte Körper wird dann zusammen mit einer Kupferlegierung, die für die Infiltration verwendet wird, auf eine Temperatur erhitzt, die den Schmelzpunkt der Kupferlegierung übersteigt, so daß die Kupferlegierung in die Poren eindringt. Weiterhin ist es anstelle einer solchen Infiltrierbehandlung auch möglich, daß dem das Ausgangs- oder Rohmaterial bildenden Pulver bereits anfänglich Kupferpulver beigemischt wird, wobei das Kupferpulver beim Sintern verflüssigt wird und hierbei die Poren mit dem Kupfer abgedichtet werden. Weiterhin wird bei der Cu-Infiltration-Behandlung die Dicke der Cu-Schicht auf 10 µm oder kleiner der Oberfläche des gesinterten Körpers gehalten, um so die Bildung einer Kupferschicht zu vermeiden.

Bei der vorliegenden Erfindung wird nicht immer eine gesinterte Legierung verwendet, sondern es kann auch ein in Formen oder kontinuierlich gegossenes Material verwendet werden. Als solches in Formen oder kontinuierlich gegossenes Material eignet sich bevorzugt Gußeisen, Gußstahl und Legierungen auf Ni-Basis. Als bevorzugtes Gußeisen werden für den Ventilsitz FCD600 Spheroidal Grafit-Gußeisen oder Schuppen-Grafit-Gußeisen oder Gußeisenlegierungen verwendet, die Cr, B und weitere Komponenten enthalten. Als bevorzugter Gußstahl eignet sich ein Gußstahl oder Stahl, der einen erheblichen Anteil an Ni enthält, ein Gußstahl mit hohem Anteil an Cr sowie Gußstähle der Cr-Si-Reihe. Bei der Legierung auf Ni-Basis ist bevorzugt eine solche der Gruppe NCF (JIS G4901–4902), der Ni-Cr-Reihe usw.

Dort, wo der Ventilsitz aus einer Cu-Basis-Legierung hergestellt ist, ist die Beschichtung vorzugsweise eine reine Metallschicht oder eine Schicht aus einer Legierung, die einen thermischen Wärmeausdehnungskoeffizienten von  $18 \times 10^{-6}$  bis  $27 \times 10^{-6}$  (1/K) aufweist.

Ist der Ventilsitz aus einer Cu-Basis-Legierung hergestellt, so wird beispielsweise ein Metallpulver-Sinter-Verfahren, ein Gießverfahren oder ein kontinuierliches Gieß- oder Stranggießverfahren verwendet oder aber es wird eine Bearbeitung von einem gerollten oder gewalzten Material vorgenommen.

Ist der Ventilsitz aus einer Cu-Basis-Legierung hergestellt, so ist der Unterschied im thermischen Ausdehnungskoeffizienten zwischen der Beschichtung und dem Zylinderkopf groß, falls der thermische Ausdehnungskoeffizient der Beschichtung unterhalb von  $18 \times 10^{-6}$  (1/K) liegt. Der Unterschied im thermischen Ausdehnungskoeffizienten zwischen der Beschichtung und dem Ventilsitz ist groß, falls der thermische Ausdehnungskoeffizient der Beschichtung  $27 \times 10^{-6}$  (1/K) überschreitet, so daß in beiden Fällen Risse beim Widerstandsschweißen oder aber beim Betrieb des Motors auftreten können. Aus diesem Grunde liegt der thermische Ausdehnungskoeffizient der Beschichtung bzw. des für die Beschichtung verwendeten Materials im Bereich von  $18 \times 10^{-6}$  bis  $27 \times 10^{-6}$  (1/K).

Cu-Basis-Legierungen, die üblicherweise für den Ventilsitz der Erfindung verwendet werden, sind bevorzugt Cu-Ni-Si-Legierungen, Cu-Be-Legierungen und Cu-Cr-Legierungen.

Ist der Ventilsitz aus Keramikmaterial verwendet, so ist die Beschichtung vorzugsweise eine reine Metallschicht oder aber eine Schicht aus einer Legierung, die einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten im Bereich zwischen  $10 \times 10^{-6}$  bis  $20 \times 10^{-6}$  (1/K) aufweisen.

Keramiken, die üblicherweise für den Ventilsitz der Erfindung verwendet werden, sind bevorzugt  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und SiC.

Besteht der Ventilsitz aus keramischen Material, so wird vorzugsweise ein Pulver-Sinter-Verfahren verwendet, bei dem pulverförmiges  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oder SiC mit einem Sinterhilfsmittel (beispielsweise Polyvinylalkohol, Methylzellulose) gemischt, anschließend zu einem Rohling geformt und dann gesintert wird.

Besteht der Ventilsitz aus keramischen Material, so ist der Unterschied im thermischen Ausdehnungskoeffizienten zwischen der Beschichtung und dem Zylinderkopf groß, falls der thermische Ausdehnungskoeffizient der Beschichtung kleiner als  $10 \times 10^{-6}$  (1/K) ist, und der Unterschied im thermischen Ausdehnungskoeffizienten zwischen der Beschichtung und dem Ventilsitz ist groß, falls der thermische Ausdehnungskoeffizient der Beschichtung  $20 \times 10^{-6}$  (1/K) übersteigt, so daß Risse beim Widerstandsschweißen oder aber beim Betrieb der Maschine bzw. des Motors auftreten können. Aus diesem Grunde liegt der thermische Ausdehnungskoeffizient der Beschichtung im Bereich zwischen  $10 \times 10^{-6}$  bis  $20 \times 10^{-6}$  (1/K).

Nachstehend werden nun Beispiele der Herstellung des Materials für den verbundenen oder verbindbaren Ventilsitz beschrieben.

#### Beispiel 1

(Muster Nr. 1 und Nr. 2)

Ein pulverförmiges Primär- oder Ausgangsmaterial, welches aus C-Pulver, Co-Pulver, Ni-Pulver, aus einer pulverförmigen C-Co-W-Cr-Fe-Legierung und zerstäubten reinen Eisenpulverbestand, wurde mit Zinkstearat kombiniert und vermischt. Diese gemischte pulverförmige Material wurde dann formgepreßt und anschließend

in einer Reduktionsatmosphäre gesintert, so daß eine gesinterte Legierung auf Fe-Basis erhalten wurde. Die so erhaltene gesinterte Legierung enthielt, jeweils in Gewichts-Prozent, C: 1,2%, Ni: 2,0%, Cr: 6,5%, W: 2,0%, Co: 7,0%, wobei der Rest unvermeidliche Verunreinigungen sowie Eisen war. Dieses gesinterte Material enthielt dann harte Partikel, die in der Matrixstruktur verteilt waren. Ein solches gesintertes Material wurde zu den Ventilsitzen verarbeitet. Bei dem Muster Nr. 1 wurde eine Cu-Schicht mit einer Dicke von 3 µm aufgebracht, und zwar auf die Oberflächen, die mit dem Zylinderkopf in Berührung stehen, und durch Platieren. Bei dem Muster Nr. 2 erfolgte keine Beschichtung.

(Muster Nr. 3 und Nr. 4)

Das pulverförmige Ausgangsmaterial, welches aus C-Pulver, aus einem pulverisierten Hochgeschwindigkeitsstahl bestand, wurde mit Zinkstearat vermischt. Das gemischte Pulver wurde dann formgepreßt und in einer Reduktionsatmosphäre gesintert. Anschließend wurde der gesinterte Körper mit Kupfer infiltriert, so daß eine gesinterte, mit Cu-infiltrierte Legierung auf Fe-Basis erhalten wurde. Die Zusammensetzung der gesinterten Legierung bestand, jeweils in Gewichts-Prozent, aus C: 1,0%, Cr: 2,0%, Mo: 2,5%, W: 3,0%, V: 3,0%, Cu: 15,0% und der Rest unvermeidliche Verunreinigungen sowie Fe. Diese gesinterte Legierung enthielt feine, in der Matrixstruktur verteilte Karbitpartikel. Diese gesinterte Legierung wurde zu den Ventilsitzen verarbeitet. Bei dem Muster Nr. 3 wurde eine Kupferschicht mit einer Dicke von 5 µm auf die Oberflächenseiten durch Platieren aufgebracht. Bei dem Muster Nr. 4 wurde eine Kupferschicht mit 20 µm Dicke auf die Oberflächen aufgebracht.

(Beispiele Nr. 5 und Nr. 6)

Das pulverförmige Ausgangsmaterial, welches pulverförmiges C, Cr-Fe-Legierungen in Pulverform, pulverförmiges Fe-Mo sowie reines Eisenpulver enthält, wurde mit Zinkstearat vermischt. Das gemischte Pulver wurde durch Pressen geformt und in einer Reduktionsatmosphäre gesintert, so daß eine gesinterte Legierung auf Fe-Basis erhalten wurde. Diese Zusammensetzung der erhaltenen gesinterten Legierung bestand, jeweils in Gewichts-Prozent, aus C: 2,0%, Cr: 12,0%, Mo: 1,0%, der Rest Verunreinigungen sowie Fe. Die gesinterte Legierung enthielt Cr Karbid in der Matrixstruktur. Eine derartige gesinterte Legierung wurde zu den Ventilsitzen verarbeitet. Bei dem Beispiel Nr. 5 wurde eine Kupferschicht mit einer Dicke von 4 µm durch Platieren aufgebracht und bei dem Muster Nr. 6 wurde eine Ag — mit einer Dicke von 3 µm durch Platieren aufgebracht.

(Muster Nr. 7 und Nr. 8)

Ein Gußstahl mit hohem Ni-Anteil, der jeweils in Gewichts-Prozent enthielt C: 2,5%, Si: 2,0%, Mn: 1,0%, Ni: 20,0%, Cr: 5,0% und der Rest Fe. Diese Legierung wurde durch einen Schmelzprozeß in einem elektrischen Schmelzofen erhalten. Das so gebildete Material wurde dann zu den Ventilsitzen verarbeitet. Beim Muster Nr. 7 wurde eine Nickelbeschichtung mit einer Dicke von 5 µm durch Platieren aufgebracht. Auf das Muster Nr. 8 wurde eine Cu-Beschichtung mit einer Dicke von 18 mm durch Platieren aufgebracht.

(Muster Nr. 9 und Nr. 10)

Sphäroidal-Graphit-Gußeisen, welches sich, jeweils in Gewichtsprozent, zusammensetzte aus C: 3,6%, Si: 2,0%, Mn: 0,3%, Cu: 1,0% und Rest Fe wurde durch einen Schmelzprozeß mit einem Hochfrequenzschmelzofen hergestellt. Das erhaltene Material wurde zu Ventilsitzen verarbeitet. Beim Beispiel Nr. 9 wurde eine Kupferschicht mit einer Dicke von 1 µm durch Platieren als Beschichtung aufgebracht und bei Beispiel Nr. 10 eine Ni-Schicht mit einer Dicke von 2 µm als Beschichtung, und zwar ebenfalls durch Platieren.

(Muster Nr. 11 — Nr. 14)

Ein pulverförmiges Ausgangsmaterial, welches C-Pulver, Co-Pulver, Ni-Pulver, eine -pulverisierte bzw. zerkleinerte C-Co-W-Cr-Fe-Legierung sowie pulverisiertes reines Eisen enthielt, wurde mit Zinkstearat vermischt. Dieses gemischte pulverförmige Material wurde dann durch Pressen geformt und anschließend in einer reduzierenden Atmosphäre gesintert. Der gesinterte Körper wurde mit Kupfer infiltriert, welches für die Infiltration auf dem Körper aufgebracht wurde. Anschließend erfolgte eine Hitzebehandlung (quenching, tempering), so daß eine gesinterte Legierung auf Fe-Basis erhalten wurde, bei der die Sinteröffnungen oder Poren mit der Kupferlegierung infiltriert oder zum indes teilweise ausgefüllt waren. Die Zusammensetzung des erhaltenen gesinterten Materials (Sinterlegierung) umfaßte, jeweils in Gewichtsprozent, C: 1,3%, Ni: 2,0%, Cr: 7,0%, W: 2,2%, Co: 7,0%, Cu: 15,0%, Rest Verunreinigungen und Fe. Diese gesinterte Legierung enthielt harte Partikel, die in der Matrixstruktur verteilt waren. Die gesinterte Legierung wurde zu Ventilsitzen verarbeitet. Beim Muster Nr. 11 wurde eine Beschichtung in Form einer Cu-Schicht mit einer Dicke von 2 µm aufgebracht. Auf das Muster Nr. 13 wurde eine Beschichtung in Form einer Ni-Schicht mit einer Dicke von 30 µm aufgebracht und auf das Muster Nr. 14 eine Beschichtung in Form einer Ag-Schicht mit einer Dicke von 6 µm und zwar jeweils durch Platieren. Bei dem Muster Nr. 12 wurde keine Beschichtung aufgebracht.

Die verschiedenen Materialien für die Ventilsitze, deren Wärmeausdehnungskoeffizienten, die verschiedenen Arten der Beschichtungen bzw. Schichten auf dem Ventilsitzmaterialien und die thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Schichten sind in der Tabelle 1 zusammengefaßt.

In einem nächsten Schritt wurden diese Ventilsitze in dem Zylinderkopf, der aus einer Aluminiumlegierung (AC4C) hergestellt war, durch Widerstandsschweißen befestigt. Fig. 1 zeigt den Befestigungsschritt unter

Verwendung des Widerstandsschweißens. Wie in der Fig. 1(a) dargestellt ist, wird der Ventilsitz 1 derart positioniert, daß sein außenliegender Bereich 1a gegen eine schräge Fläche 2a des Zylinderkopfes 2 anliegt. Ein Druck wird in Richtung des dargestellten Pfeiles auf den gegen die Schrägfläche anliegenden Ventilsitz durch eine Elektrode 3 aufgebracht. Im Anschluß daran wird der elektrische Strom eingeschaltet, so daß durch den Stromfluß die Berührungsflächen zwischen dem Zylinderkopf 2 und den Ventilsitz sowie deren Umgebung erhitzt werden, bis zum Schmelzpunkt oder bis auf eine Temperatur nahe dem Schmelzpunkt. Im Anschluß daran wird der elektrische Strom abgeschaltet. Der Zylinderkopf 2, dessen Härte niedriger ist als die des Ventilsitzes wird plastisch deformiert und der Ventilsitz 1 wird, wie in der Fig. 1(b) dargestellt ist, in den Zylinderkopf 1 eingefügt, so daß er dort eingebettet und befestigt ist.

Nach diesem Verbindungs- oder Fügeprozeß wurden die Ventilsitze auf mögliche Risse hin untersucht. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 1 wiedergegeben.

Weiterhin wurden die Ventilsitze unter den gleichen Bedingungen als wenn sie in einem Zylinderkopf eingesetzt wären, in einer Testeinrichtung bei der gleichen Temperatur wie bei einem Dauer- oder Dauerhaftigkeitstest in einer reellen Maschinen getestet und zwar unter Bedingungen, bei denen die Ventilsitze einer Schlag- oder Stoßbelastung durch das Ventil ausgesetzt wurden, um das Auftreten von eventuellen Rissen in den Ventilsitzen zu untersuchen.

Die Testbedingungen sind nachstehend beschrieben:

Testtemperatur: 400°C (Meßposition in Fig. 3)

Lauf- oder Testzeit: 30 Stunden

Drehgeschwindigkeit des Nockens: 3000 Umdrehungen pro Minute

Ventildrehgeschwindigkeit: 10 Umdrehungen pro Minute

Ventilhub: 7 mm

Last auf dem Ventilsitz: 89 kg

Die Ergebnisse sind in der Tabelle 1 wiedergegeben.

## Beispiel 2

Ein pulverförmiges Ausgangsmaterial bestehend aus einer pulverisierten Cu-Be-Legierung oder aus einer pulverförmigen Cu-Cr-Legierung oder einer pulverförmigen Cu-Ni-Si-Legierung wurde mit einem Sinterhilfsmittel vermischt und anschließend zu einem Material geformt zur Verwendung als Ventilsitz, und zwar durch Preßformen, Sintern und Anwendung eines Hitzeprozesses. Weiterhin wurden auch pulverisiertes  $\text{Si}_3\text{N}_4$  oder  $\text{Al}_2\text{O}_3$  als Keramikmaterial mit einem Sinterhilfsmittel vermischt und dieses Material wurde zu einem Ventilsitz geformt durch Preßformen, Sintern und eine Hitzebehandlung. Diese Materialien wurden zu Ventilsitzen verarbeitet und es wurde eine Beschichtung, wie sie in der Tabelle 2 wiedergegeben ist auf die Oberflächen der Ventilsitze aufgebracht, die mit dem Zylinderkopf in Berührung kommen. Einige Muster besaßen als Vergleichsmuster keine Beschichtung und sind als solche in der Tabelle 2 bezeichnet.

Die Ventilsitze, die mit einem Überzug versehen und in der Tabelle 2 wiedergegeben sind, (einschließlich der Vergleichsmuster ohne Überzug) wurden in dem Zylinderkopf aus der Aluminiumlegierung eingefügt, und zwar durch Widerstandsschweißen in der gleichen Weise, wie dies beim Beispiel 1 beschrieben wurde. Das Auftreten von Rissen in den Ventilsitzen wurde überprüft. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefaßt. In gleicher Weise wie beim Beispiel 1 wurden die Ventilsitze ebenfalls in der Testeinrichtung getestet, und zwar wiederum bei der gleichen Temperatur wie bei einem Dauertest in einer wirklichen Maschine, sowie unter den Bedingungen, daß jeder Ventilsitz mit einem Ventil einer Stoß- und Schlagbelastung ausgesetzt wurde, um so das Auftreten von Rissen zu prüfen. Die Tabelle 2 gibt die Testergebnisse wieder.

Bei solchen Mustern, die entsprechend der Erfindung ausgebildet waren, wurden keine Risse durch thermisch bedingte Belastungen beim Fügeprozeß festgestellt und auch bei der Testeinrichtung konnten unter den Belastungsbedingungen, die denen in einer tatsächlichen Maschine entsprachen, keine Risse festgestellt werden.

Was die Ventilsitze der Muster Nr. 4, Nr. 8, Nr. 13, Nr. 18, Nr. 21 und Nr. 24 betrifft, handelte es sich hier um Vergleichsmuster, d. h. um Ventilsitze, die eine Beschichtung bzw. eine die Beschichtung bildende Schicht aufwiesen, die nicht im Rahmen der Erfindung lag. Bei diesen Ventilsitzen wurden zwar keine Risse bei dem Fügeprozeß unter Verwendung des Widerstandsschweißens hergestellt, allerdings Risse beim Belastungstest. Weiterhin wurden bei den Muster Nr. 2, 12, 16 und 22, die wiederum Vergleichsmuster waren, Risse beim Fügeprozeß bzw. Widerstandsschweißen festgestellt.

Bei der erfindungsgemäßen Ausbildung wurden keine Risse festgestellt, und zwar weder durch den Fügeprozeß mit Hilfe des Widerstandsschweißens, noch beim Betrieb in der Maschine, wodurch eine hohe Dichtfunktion erreicht werden kann.

Die Erfindung wurde voranstehend im Detail beschrieben. Es versteht sich, daß zahlreiche Änderungen und Modifikationen möglich sind, ohne daß dadurch der der Erfindung zugrundeliegende Erfindungsgedanke verlassen wird. Die gesamte Offenbarung der japanischen Patentanmeldung Nr. 133 577/1996, die am 28. Mai 1996 eingereicht wurde, einschließlich Beschreibung, Ansprüche, Zeichnungen und Zusammenfassung wird in ihrer Gesamtheit hermit einbezogen.

Tabelle 1

MUSTER NR.	VENTILSTÜTZ  MATERIAL	Wärmeaus- dehnungs- koeffizient (1/K)	BESCHÜTTUNG			AUFTRETEN VON RISSEN		ANMERK.
			Beschicht. Material	dicke ( $\mu\text{m}$ )	Wärmeaus- dehnungs- koeffizient (1/K)	beim Ver- binden durch Widerstands- schweißen	beim Belastungs- test	
1	Sinterlegierung der C-Co-Ni-W-Cr Gruppen auf Fe-Basis	$10.6 \times 10^{-6}$	Cu	3	$18.3 \times 10^{-6}$	Nil	Nil	E-Muster
2			—	—		Being	—	V-Muster
3	Sinterlegierung Hochgeschwindigkeitsstahl (Kupfer-infiltriert)	$13.0 \times 10^{-6}$	Cu	5	$18.3 \times 10^{-6}$	Nil	Nil	E-Muster
4			Cu	20		Nil	Being	V-Muster
5	Sinterlegierung auf Fe-Basis	$12.0 \times 10^{-6}$	Cu	4	$18.3 \times 10^{-6}$	Nil	Nil	E-Muster
6			Ag	3		Nil	Nil	E-Muster
7	Gußstahl mit hohem Ni-Anteil	$15.0 \times 10^{-6}$	Nil	5	$15.5 \times 10^{-6}$	Nil	Nil	E-Muster
8			Cu	18		Nil	Being	V-Muster
9	Sphäroidal Graphit Gußeisen	$11.0 \times 10^{-6}$	Cu	1	$18.3 \times 10^{-6}$	Nil	Nil	E-Muster
10			Ni	2		Nil	Nil	E-Muster
11	Sinterlegierung der C-Ni-Cr-Co-W-Cu Gruppen auf Fe-Basis (Cu-infiltriert)	$12.0 \times 10^{-6}$	Cu	2	$18.3 \times 10^{-6}$	Nil	Nil	E-Muster
12			—	—		Being	—	V-Muster
13			Nil	30		Nil	Being	V-Muster
14			Ag	6	$20.6 \times 10^{-6}$	Nil	Nil	E-Muster

Anmerkung: Wärmeausdehnungskoeffizient (1/K) des Zylinderkopfes aus Aluminiumlegierung (AC4C):  $26,5 \times 10^{-6}$

Nil: keine Risse; Being: Vorhandensein von Rissen; E-Muster: Muster gemäß Erfindung;

V-Muster: Vergleichsmuster

Tabelle 2

MUSTER Nr.	VENTILSTY2	BESCHICHTUNG			AUFTRETEN VON RISSEN		ANMERK.
		Beschicht. Material	Dicke ( $\mu\text{m}$ )	Wärmeaus- dehnungs- koeffizient (1/K)	beim Ver- binden durch Widerstands- schweißen	beim Belastungs- test	
1 5	Cu-Be-Legierung	Cu	3	$10.6 \times 10^{-6}$	Nil	Nil	E-Muster
1 6		—	—		Nil	Being	V-Muster
1 7	Cu-Cr-Legierung	Cu	5	$16.5 \times 10^{-6}$	Nil	Nil	E-Muster
1 8		Ag	25		Nil	Being	V-Muster
1 9	Cu-Ni-Si-Legierung	Cu	2	$16.0 \times 10^{-6}$	Nil	Nil	E-Muster
2 0	keramische Materialien ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )	Cu	8	$3.2 \times 10^{-6}$	Nil	Nil	E-Muster
2 1		Ni	3		Nil	Nil	E-Muster
2 2		—	—		Being	—	V-Muster
2 3	keramische Materialien ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )	Cu	5	$8.0 \times 10^{-6}$	Nil	Nil	E-Muster
2 4		Ag	30		Nil	Being	V-Muster

Anmerkung: Wärmeausdehnungskoeffizient (1/K) des Zylinderkopfes aus Aluminiumlegierung (AC4C):  $26, 5 \times 10^{-6}$

Nil: keine Risse; Being: Vorhandensein von Rissen; E-Muster: Muster gemäß Erfindung;

V-Muster: Vergleichsmuster



## Patentansprüche

1. Ventilsitz eingefügt in und/oder verbunden mit einem Zylinderkopf aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung eines Verbrennungsmotors mit Hilfe des Widerstandsschweißens, wobei der Ventilsitz aus einem Sintermaterial oder einer gesinterten Legierung auf Fe-Basis hergestellt ist und mit einer Schicht oder Beschichtung aus einem reinen Metall oder einer Legierung versehen ist, und zwar zumindest an den Flächen, die mit dem Zylinderkopf in Kontakt stehen, wobei die Beschichtung aus reinem Metall oder aus der Legierung eine Dicke von  $10\text{ }\mu\text{m}$  oder kleiner und einen Wärmeausdehnungskoeffizienten von  $15 \times 10^{-6}$  bis  $25 \times 10^{-6} (1/K)$  aufweist. 5
2. Ventilsitz nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß er aus einer gesinterten Cu-infiltrierten Legierung auf Fe-Basis oder aus einer gesinterten Legierung auf Fe-Basis mit durch Kupfer abgedichteten oder verschlossenen Poren hergestellt ist. 10
3. Ventilsitz nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Ventilsitz aus gegossenem Eisen oder gegossenem Stahl oder aus einem Ausgangsmaterial, vorzugsweise Block oder Gußmaterial einer Legierung auf Ni-Basis hergestellt ist. 15
4. Ventilsitz eingefügt in und/oder verbunden mit einem Zylinderkopf aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung einer Verbrennungsmaschine mit Hilfe des Widerstandsschweißens, wobei der Ventilsitz aus einer Legierung auf Cu-Basis hergestellt ist und mit einer Beschichtung aus reinem Metall oder einer Legierung versehen ist, und zwar wenigstens an seinen Oberflächen, die mit dem Zylinderkopf in Kontakt stehen, wobei die Beschichtung aus dem reinen Metall oder der Legierung eine Dicke von  $10\text{ }\mu\text{m}$  oder weniger und einen Wärmeausdehnungskoeffizienten von  $18 \times 10^{-6} - 27 \times 10^{-6} (1/K)$  aufweist. 20
5. Ventilsitz eingefügt in und/oder verbunden mit einem Zylinderkopf aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung einer Verbrennungsmaschine oder eines Verbrennungsmotors mit Hilfe des Widerstandsschweißens, wobei der Ventilsitz aus keramischen Material besteht und mit einem Überzug oder einer Beschichtung aus reinem Metall oder einer Legierung versehen ist, und zwar wenigstens an seinen Flächen, die mit dem Zylinderkopf in Berührung stehen, wobei die Beschichtung aus dem reinen Metall oder der Legierung eine Dicke von  $10\text{ }\mu\text{m}$  oder weniger sowie einen Wärmeausdehnungskoeffizienten von  $10 \times 10^{-6} \times 20 \times 10^{-6} (1/K)$  aufweist. 25
6. Ventilsitz zum Einfügen in und/oder Verbinden mit einem Zylinderkopf aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung eines Verbrennungsmotors mit Hilfe des Widerstandsschweißens, wobei der Ventilsitz aus einem Sintermaterial oder einer gesinterten Legierung auf Fe-Basis hergestellt ist und mit einer Schicht oder Beschichtung aus einem reinen Metall oder einer Legierung versehen ist, und zwar zumindest an den Flächen, die mit dem Zylinderkopf in Kontakt stehen, wobei die Beschichtung aus reinem Metall oder aus der Legierung eine Dicke von  $10\text{ }\mu\text{m}$  oder kleiner und einen Wärmeausdehnungskoeffizienten von  $15 \times 10^{-6}$  bis  $25 \times 10^{-6} (1/K)$  aufweist. 30
7. Ventilsitz nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß er aus einer gesinterten Cu-infiltrierten Legierung auf Fe-Basis oder aus einer gesinterten Legierung auf Fe-Basis mit durch Kupfer abgedichteten oder verschlossenen Poren hergestellt ist. 35
8. Ventilsitz nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Ventilsitz aus gegossenem Eisen oder gegossenem Stahl oder aus einem Ausgangsmaterial, vorzugsweise Block oder Gußmaterial einer Legierung auf Ni-Basis hergestellt ist. 40
9. Ventilsitz zum Einfügen in und/oder Verbinden mit einem Zylinderkopf aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung einer Verbrennungsmaschine mit Hilfe des Widerstandsschweißens, wobei der Ventilsitz aus einer Legierung auf Cu-Basis hergestellt ist und mit einer Beschichtung aus reinem Metall oder einer Legierung versehen ist, und zwar wenigstens an seinen Oberflächen, die mit dem Zylinderkopf in Kontakt stehen, wobei die Beschichtung aus dem reinen Metall oder der Legierung eine Dicke von  $10\text{ }\mu\text{m}$  oder weniger und einen Wärmeausdehnungskoeffizienten von  $18 \times 10^{-6} - 27 \times 10^{-6} (1/K)$  aufweist. 45
10. Ventilsitz zum Einfügen in und/oder Verbinden mit einem Zylinderkopf aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung einer Verbrennungsmaschine oder eines Verbrennungsmotors mit Hilfe des Widerstandsschweißens, wobei der Ventilsitz aus keramischen Material besteht und mit einem Überzug oder einer Beschichtung aus reinem Metall oder einer Legierung versehen ist, und zwar wenigstens an seinen Flächen, die mit dem Zylinderkopf in Berührung stehen, wobei die Beschichtung aus dem reinen Metall oder der Legierung eine Dicke von  $10\text{ }\mu\text{m}$  oder weniger sowie einen Wärmeausdehnungskoeffizienten von  $10 \times 10^{-6} \times 20 \times 10^{-6} (1/K)$  aufweist. 50

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG. 1

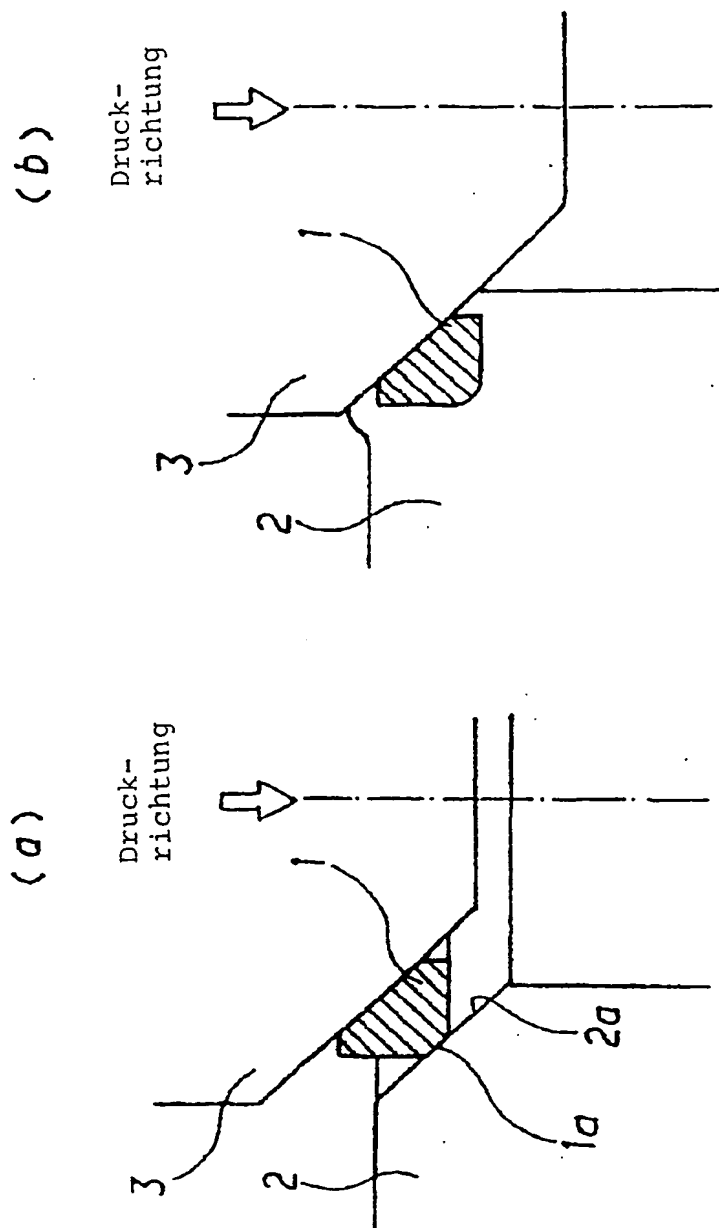


FIG. 2

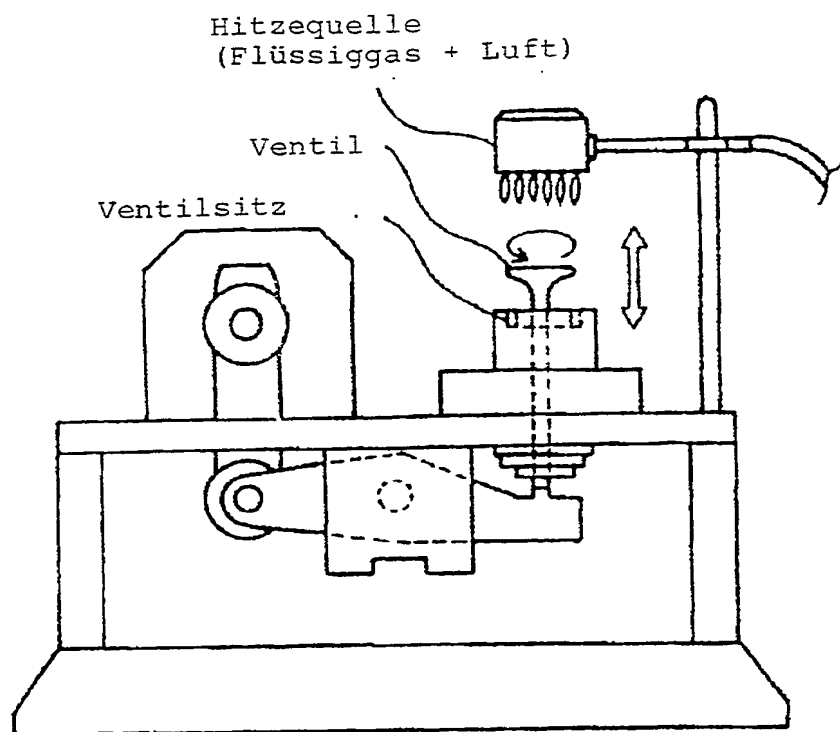
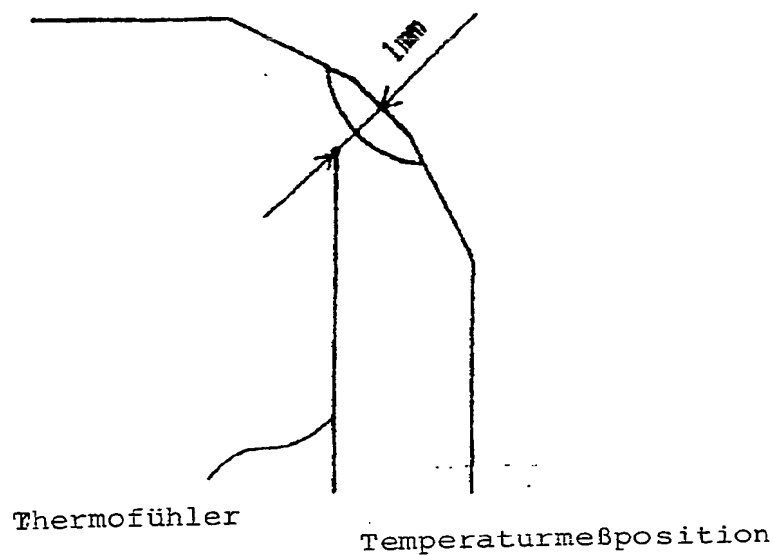


FIG. 3



BEST AVAILABLE COPY

702 049/611